3B SCIENTIFIC® PHYSICS

Interferometro di Mach-Zehnder 1014617

Istruzioni per l'uso

07/15 ALF

1. Norme di sicurezza

L'interferometro dovrebbe essere utilizzato con un laser elio-neon della classe 2. Guardare direttamente il fascio del laser può causare una bruciatura della retina: evitare assolutamente!

- Le disposizioni di sicurezza allegate al laser devono essere rigorosamente rispettate!

Il divisore di fascio contrassegnato con (4) riflet-te la luce laser non solo sui due specchi (9), ma anche verso il basso (con riferimento alla Fig. 1). Inoltre, in base alla struttura sperimenta-le, anche il secondo divisore di fascio può pro-pagare un raggio laser che si estende oltre la zona della piastra di base.

- Per la sicurezza degli sperimentatori, tenendo conto delle circostanze locali è necessario predisporre schermi impermeabili alla luce.
- L'interferometro deve essere collocato su un piano stabile o un altro luogo adatto, in modo che non cada ferendo con il suo peso eventuali persone.

Le manopole di trasporto (6) servono a sollevare l'interferometro, per poterlo afferrare in modo sicuro sotto la piastra di base.

La pressione max. ammessa nella cella a vuoto (11) è di 200 kPa (2 bar), corrispondenti a 100 kPa (1 bar) di sovrappressione.

- In caso di danneggiamento del vetro della cella, come ad es. graffi o incrinature, la cella a vuoto deve essere messa immediatamente fuori servizio e fatta riparare.
- In caso di esperimenti condotti in presenza di sovrappressione accertarsi che nella zona di esplosione della cella non siano presenti persone. Se necessario, utilizzare occhiali protettivi.

2. Fornitura
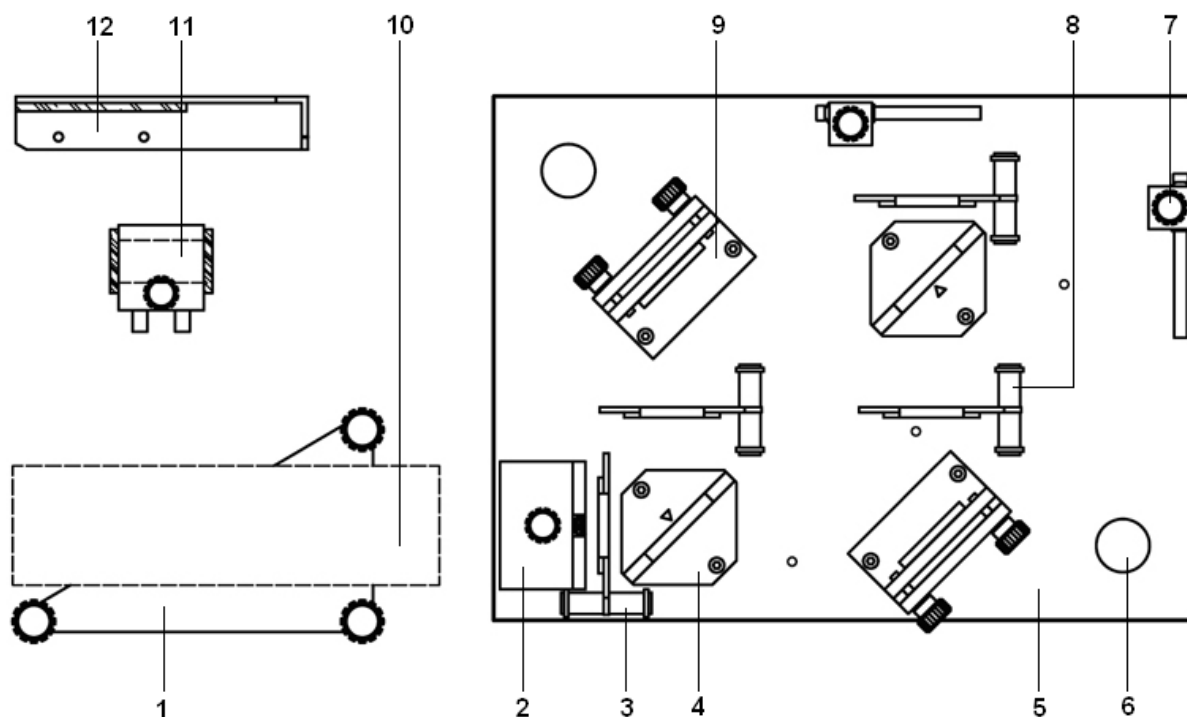
Fig. 1 Fornitura e componenti eventualmente ulteriormente necessari

2 Lente di ingrandimento
3 Filtro di polarizzazione, pellicola (2x)
4 Divisore di fascio (2x)
5 Piastra di base
6 Manopola di trasporto
7 Schermo (2x)
8 Filtro di polarizzazione, vetro (2x)
9 Specchio superficiale regolabile (2x)
10 Laser (non fornito in dotazione)
11 Cella a vuoto (nel kit aggiuntivo 1002652)
12 Lastra di vetro su supporto (nel kit aggiuntivo 1002652)

non raffigurati:
13 Contenitore in plastica stabile
14 Cacciavite esagonale
15 Utensile di regolazione per divisore di fascio
16 Manuale d’istruzioni

3. Descrizione

L'interferometro di Mach-Zehnder è un'evoluzione dell'interferometro di Jamin. Venne presentato nel 1891 da Ludwig Zehnder e sviluppato indipendentemente circa nello stesso periodo anche da Ludwig Mach, benché citato da quest'ultimo solo nel 1892.

La luce incidente viene suddivisa per mezzo di un divisore di fascio in due fasci parziali, che raggiungono su percorsi differenti un secondo divisore di fascio, dove vengono nuovamente a sovrapporsi, generando - con lunghezze ottiche del percorso diverse - interferenze (estinzione o amplificazione).

In caso di lunghezza d'onda nota, un interferometro può essere utilizzato per la misurazione di percorsi estremamente brevi, aspetto importante tra l'altro nel controllo della qualità superficiale dei componenti ottici.

L'interferometro di Mach-Zehnder consente di eseguire i seguenti esperimenti:

1. analisi della variazione della direzione di polarizzazione su divisore di fascio e specchio superficiale

2. qualità superficiale dei componenti ottici (analisi qualitativa, non quantitativa) *

3. determinazione dell'indice di rifrazione dell'aria **

4. esperimento in analogia alla gomma quantistica ("in analogia" poiché l'esperimento qui descritto non viene eseguito con fotoni singoli.)

5. Interferenza di luce bianca***

* con set aggiuntivo per l'interferometro (1002652)

** con set aggiuntivo per l'interferometro (1002652) e pompa manuale per vuoto (1012856)

*** con lampada ottica con diaframma di apertura (1017284)

Le posizioni preimpostate dei componenti permettono una rapida trasformazione per l'esecuzione di diversi esperimenti.

Il kit Interferometro di Mach-Zehnder è composto da due divisori di fascio, due specchi superficiali, due schermi di osservazione e quattro filtri di polarizzazione. I pregiati componenti ottici su piastra di base pesante e resistente alla pressione garantiscono misurazioni precise e riproducibili. I componenti ottici di grandi dimensioni permettono la rappresentazione di immagini di interferenza chiare e definite osservabili anche alla luce del sole, in quanto entrambi gli specchi di osservazione riflettenti hanno un'inclinazione regolabile. Le posizioni preimpostate dei componenti permettono una rapida trasformazione per l'esecuzione di diversi esperimenti, garantendo in tal modo un tempo di preparazione dell'esperimento estremamente ridotto.

Inclusa scatola in plastica stabile per la conservazione dell'interferometro montato e regolato più piastra di supporto per laser.

4. Dati tecnici

Divisore di fascio:

Diametro:	40 mm
Planarità:	$\lambda/10$ (lato anteriore), $\lambda/4$ (lato posteriore)

Specchio superficiale:

Dimensioni:	40x40 mm²
Planarità:	$<\lambda/2$

Filtro di polarizzazione:

Diametro:	30 mm
Range di regolazione:	±105°
Materiale:	vetro (2x), pellicola (2x)
Ripartizione angolare:	3°, 15°

Piastra di base:

Peso:	5,5 kg
Dimensioni:	245x330x25 mm³

5. Comandi

5.1 Montaggio del laser

- Montare il laser sull'apposito supporto.

Essendo tale supporto concepito per vari tipi di laser, è dotato di tre fori per viti a testa svasata (M5 o M6), di cui normalmente solo uno è necessario. Il foro corretto per il relativo laser è determinato dal baricentro del laser e dalle sue possibilità di fissaggio. Dopo il montaggio il baricentro del laser dovrebbe trovarsi indicativamente sopra il foro centrale.

L'altezza necessaria del fascio luminoso sul piano di lavoro è di 60-62 mm. Se il range di regolazione delle viti a testa zigrinata non dovesse essere sufficiente, montare un anello distanziale opportuno, o un elemento simile, sotto il laser.

La lunghezza della vite di fissaggio deve essere scelta in modo tale che l'alloggiamento del laser e/o i componenti interni del laser non vengano distrutti.

- A tale scopo, determinare innanzitutto opportunamente la profondità max. possibile di avvitatura della vite nel supporto del laser, quindi scegliere una vite la cui filettatura fuoriesca di circa 2 mm in meno dal supporto del laser (sono forniti in dotazione una vite e un dado quadro, adatti alle normali scanalature).

5.2 Divisore di fascio

Il vetro del divisore di fascio è su un lato antiriflesso, mentre sull'altro è dotato di un rivestimento trasparente al 50%, contrassegnato con un triangolo che appare anche nei disegni delle strutture dell'esperimento.

5.3 Montaggio, regolazioni di base

La struttura dei componenti sulla piastra di base è rappresentata in Fig. 1. La seguente descrizione della struttura presuppone l'esecuzione di tutte le impostazioni di base.

- 1. Avvitare leggermente il divisore di fascio (fare attenzione a ∇), posizionare e avvitare l'utensile di montaggio (cfr. Fig. 2). Gli specchi devono consentire uno spostamento congiunto minimo sulla piastra di base. Durante la fase di serraggio degli specchi verificare che non si formino fenditure fra il supporto dello specchio e l'utensile. Rimuovere l'utensile.

Fig. 2 Utensile di montaggio per divisore di fascio

- 2. Sui due specchi superficiali, impostare la fenditura sulla circonferenza tra il supporto dello specchio e il pannello posteriore a 4 mm (v. Fig. 3).
- Come ausilio per la regolazione si possono utilizzare 2 monete da 10 centesimi. Avvitare leggermente gli specchi sulla piastra di base. Durante la fase di serraggio, spingere gli specchi verso l'esterno in modo tale che il gioco nei fori non porti a una deformazione degli specchi in relazione ai divisori di fascio.
- 3. Montare gli schermi.
- 4. Avvitare leggermente la lente e orientarla parallelamente alla piastra di base.
- 5. Attivare il laser e orientarlo alla lente e alla piastra di base in modo tale che su entrambi gli schermi compaia un punto luminoso in posizione praticamente centrale.
- 6. Ruotare la lente di circa 90° in senso antiorario al di fuori del percorso dei raggi luminosi.

Sugli schermi sono ora visibili 2 punti luminosi chiari e altri più deboli (se la regolazione è ottimale, compare un solo punto chiaro).

Fig. 3 Regolazione di base degli specchi superficiali

- Coprire i punti luminosi chiari ruotando le viti a testa zigrinata presso gli specchi superficiali.

Se la copertura è ottimale, è riconoscibile uno sfarfallamento (interferenza).

- Ruotare la lente fino a riportarla sul percorso dei raggi luminosi.

Con un po' di fortuna, sono già visibili frange di interferenza. In caso contrario, eseguire la scansione come indicato di seguito:

- Su uno specchio ruotare lentamente la vite a testa zigrinata inferiore di circa +90°, riportare a zero, ruotare lentamente a circa -90° e riportare nuovamente a 0°.
- Se non compaiono frange di interferenza, ruotare la vite a testa zigrinata superiore di max. +30° (= distanza di 2 incavi della vite) e ruotare lentamente di nuovo di ±90° la vite a testa zigrinata inferiore. Ripetere la procedura a -30°, +60° e -60° della vite a testa zigrinata superiore, interrompendo la scansione se compaiono frange di interferenza. In caso contrario, ricominciare dal montaggio dei divisori di fascio.
- Dopo la comparsa delle frange di interferenza, spostare molto lentamente le viti a testa zigrinata allargando progressivamente le frange fino a raggiungere il centro del modello di interferenza.

Poiché, con questo modo di procedere, i due percorsi ottici presentano una lunghezza pressoché identica, il centro del modello di interferenza appare come un grosso punto chiaro o scuro. A questo proposito, è interessante osservare che il modello, su entrambi gli schermi, è complementare.

7. Per ottenere un modello di interferenza con anelli ben formati, i percorsi devono presentare lunghezze diverse.

- A tale scopo, avvitare ciascuna delle 3 viti dello specchio superficiale posteriore di 1,5 giri (= percorso della luce più lungo) e svitare ciascuna delle 3 viti dello specchio anteriore di 1,5 giri (= percorso della luce più corto).

- 8. Togliere la lente di ingrandimento dal fascio.

L'interferenza compare ora non più con una sovrapposizione dei due punti chiari, bensì a una distanza di circa 6-7 mm, mentre il punto dello specchio anteriore si trova sullo schermo posteriore a sinistra (sullo schermo destro si trova a destra).

- Per trovare il modello di interferenza eseguire nuovamente la scansione come descritto al Punto 6.

La regolazione di base è così terminata.

Alternativa 1: La lunghezza dei percorsi ottici può anche essere variata impiegando la cella a vuoto (posizione come da Fig. 7). In questo caso, le operazioni di cui ai Punti 7 e 8 delle istruzioni di regolazione sopra riportate non sono necessarie.

Alternativa 2: Una volta eseguite le operazioni di regolazione dalla 1 alla 5, la lente di ingrandimento può essere montata anche presso l'uscita del raggio. All'occorrenza, regolare il laser fino a quando sullo schermo compaiono 1-2 punti luminosi. I punti luminosi possono essere facilmente messi in interferenza agendo sulle viti a testa zigrinata degli specchi superficiali. Questa opzione non consente tuttavia di ottenere un modello anulare.

Fig. 4 Alternativa 2

5.4 Pulizia dei componenti ottici

- Gli specchi superficiali, il divisore di fascio, i filtri di polarizzazione in vetro, la lente d'ingrandimento e le lastre della cella a vuoto possono essere puliti con cautela con un panno morbido, eventualmente imbevuto di etanolo (alcool).
- Strofinare senza esercitare pressione! È preferibile l'utilizzo di un quantitativo superiore di etanolo e l'impiego di minor forza.
- La lastra di vetro sul supporto (12) dovrebbe solamente essere pulita a secco (eventualmente soffiarvi sopra), poiché in caso contrario la striscia di adesivo può staccarsi.
- Pulire i filtri di polarizzazione in pellicola possibilmente solo soffiandovi leggermente sopra.

6. Esempi di esperimento

6.1 Esperimenti di polarizzazione

Queste prove preliminari possono essere eliminate, tuttavia si rivelano utili per l'interpretazione di effetti imprevisti nel caso di alcuni esperimenti di interferenza con filtri di polarizzazione.

Polarizzazione del laser utilizzato

Quando si utilizza un laser con direzione di polarizzazione definita (solitamente orizzontale o verticale), i rapporti sono chiari. Spesso, tuttavia, la direzione di polarizzazione viene indicata con "random", senza una definizione univoca. Occorre distinguere i seguenti casi:

1. Il laser ha esattamente una direzione di polarizzazione, che è stata osservata in fase di montaggio ma non successivamente (i laser a diodi hanno sempre e solo un piano di polarizzazione).

2. Il laser ha due direzioni di polarizzazione, solitamente disposte ortogonalmente, che però non vengono irradiate con intensità costante nel tempo.

3. Il laser ha più di due direzioni di polarizzazio-ne. Ciò sembra però accadere solo in presenza di tubi laser molto lunghi non rientranti in classe 2.

La direzione di polarizzazione del laser utilizzato può essere facilmente determinata con uno dei due filtri di polarizzazione in vetro, cfr. struttura sperimentale in Fig. 7 ma senza lastra di vetro e con un solo filtro di polarizzazione. Viene definito l'angolo con il massimo oscuramento della luce laser. A questo angolo, il piano di polarizzazione è girato di 90°.

Si consiglia un laser elio-neon oppure un laser a diodi stabilizzato, poiché semplici diodi laser emettono lunghezze d'onda leggermente diverse in funzione della temperatura che compaiono contemporaneamente, con la conseguenza che non sono osservabili modelli di interferenza univoci (suggerimento: un rimedio può consistere nel riscaldare leggermente con la mano).

Polarizzazione della luce nella riflessione su divisore di fascio

- Eseguire la disposizione sperimentale secondo Fig. 5.
- Sistemare i due filtri di polarizzazione in vetro nelle posizioni 1 e 2. Collocare in posizione 4 la lente di ingrandimento, che qui in-

terrompe solo il percorso dei raggi luminosi.

- Presso il primo filtro di polarizzazione impostare l'angolo α del raggio in entrata.
- Spostare ora il filtro di polarizzazione dietro il divisore di fascio fino a quando i punti luminosi sullo schermo mostrano una luminosità minima. Prendere nota dell'angolo γ corrispondente.

La direzione di polarizzazione principale della luce riflessa β è girata di 90° rispetto a γ.

Tipici risultati di esperimenti sono riassunti nella tabella seguente:

Angolo di polarizzazione α, entrata	Angolo di polarizzazione γ, uscita, scuro	Angolo di polarizzazione β, uscita = γ - 90°
0°	90°	0°
15°	81°	-9°
30°	69°	-21°
45°	57°	-33°
60°	39°	-51°
75°	18°	-72°
90°	0°	-90°

Polarizzazione della luce al passaggio attraverso il divisore di fascio

- Portare ora i due divisori di fascio in vetro nelle posizioni 1 e 3 come da Fig. 5. Collocare la lente di ingrandimento in posizione 2 per interrompere il percorso della luce superiore.

Polarizzazione della luce nella riflessione su specchio

- Per questo esperimento, portare i due divisori di fascio in vetro nelle posizioni 3 e 4. La lente di ingrandimento resta in posizione 2.

I risultati delle misurazioni dei 3 esperimenti sono riassunti nella Fig. 6. Si riconosce che nella riflessione la componente orizzontale viene riflessa mentre quella verticale rimane invariata. La curvatura delle due curve dei divisori di fascio indica una lieve attività ottica.

Doppia rifrazione di nastro adesivo trasparente

In questo contesto, avendo a disposizione la "lastra di vetro su supporto" del kit aggiuntivo, è ancora possibile effettuare un interessante esperimento di doppia rifrazione. La struttura sperimentale è rappresentata nella Fig. 7.

- Regolare i due filtri di polarizzazione a 45° e -45° di modo che, senza lastra di vetro, la luce non possa praticamente raggiungere lo schermo di osservazione.

Inserendo ora la lastra di vetro con il nastro adesivo nel fascio, sullo schermo apparirà un punto luminoso. Con una combinazione angolare di 90° sul primo divisore di fascio e 0° sul secondo, lo schermo rimane scuro anche con nastro adesivo nel fascio (combinazione angolare reciprocamente perpendicolare ma congiuntamente con circa ±10° per via di tolleranze del nastro adesivo).

La doppia rifrazione del nastro adesivo si spiega come di seguito descritto: In fase di fabbricazione, il materiale portante viene fortemente dilatato in una direzione, allungando e allineando le catene di idrocarburi nella medesima direzione. Per questo, l'indice di rifrazione è diverso a seconda che il vettore E dell'onda luminosa oscilli parallelamente o perpendicolarmente rispetto alla direzione di dilatazione.
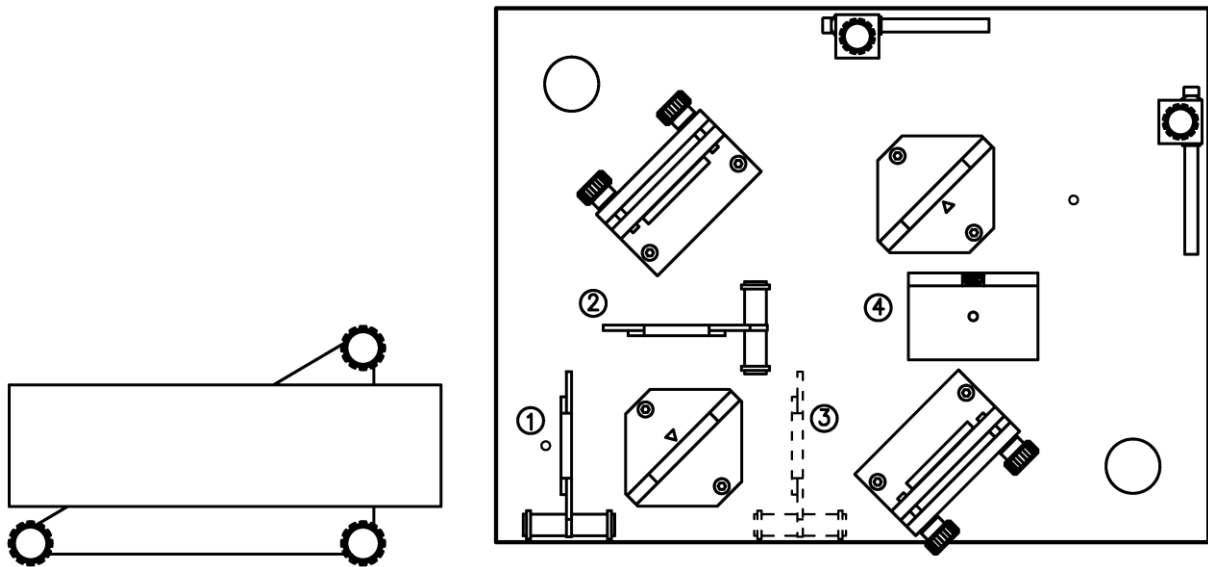
Fig. 5 Struttura sperimentale per l'analisi della polarizzazione. La lente di ingrandimento serve in questo caso solo per interrompere un percorso ottico
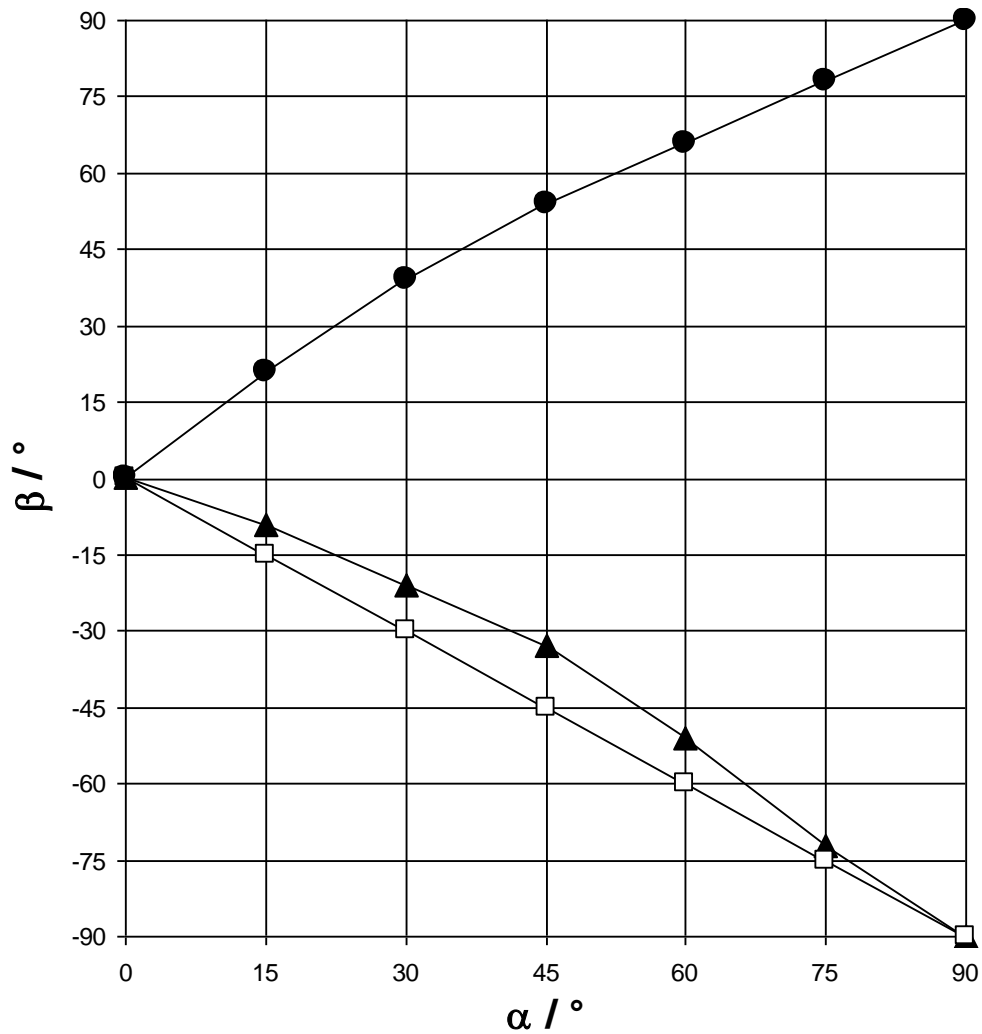
Fig. 6 Risultati degli esperimenti di polarizzazione. Cerchi = passaggio attraverso divisore di fascio, triangoli = riflessione su divisore di fascio, quadrati = riflessione su specchio superficiale
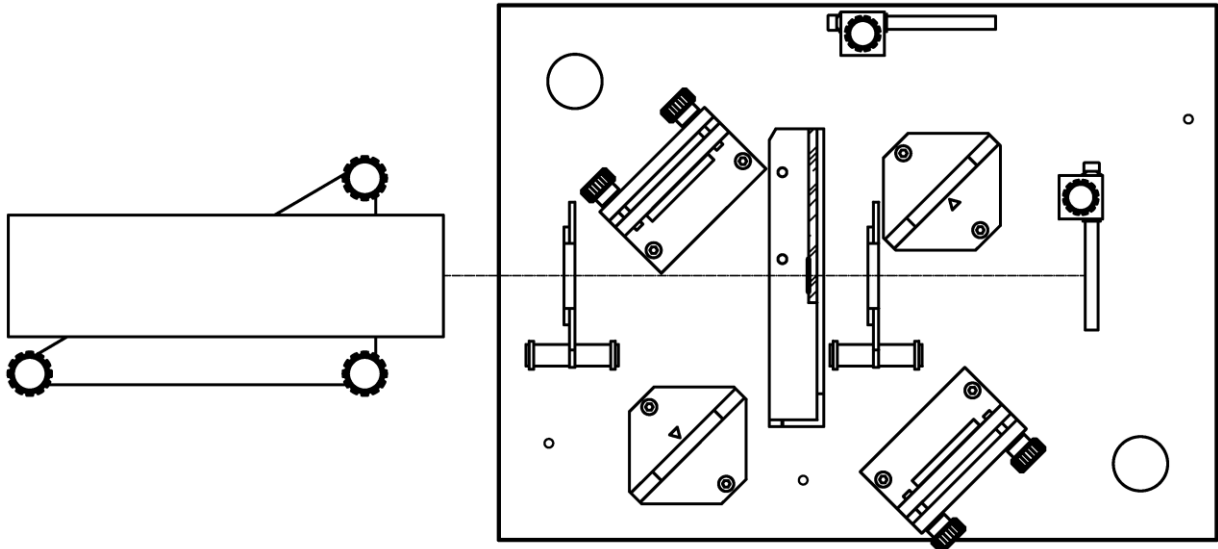
Fig. 7 Struttura sperimentale per l'analisi della doppia rifrazione di nastro adesivo trasparente

6.2 Qualità superficiale dei componenti ottici

Con questo esperimento è possibile valutare la qualità superficiale dei componenti ottici. Normalmente questo genere di misurazioni vengo-no eseguite con un interferometro di Twyman-Green, nel quale il fascio luminoso (laser) è ampliato e parallelo. Per comprendere qualitati-vamente il principio di funzionamento può però essere utilizzata anche luce ampliata ma non parallela.

Come esempio di superficie ottica di pessima qualità viene impiegata una pellicola adesiva trasparente, che viene incollata su una lastra di vetro e che a una semplice osservazione appare assolutamente omogenea.

- Eseguire la disposizione sperimentale secondo Fig. 8.
- Dopo aver effettuato le regolazioni di base come illustrato nel paragrafo 5 e aver ottenuto anelli di interferenza al centro di entrambi gli schermi, inserire la lastra di vetro con il supporto nel fascio parziale destro.

Quando la pellicola adesiva giunge nel fascio, gli anelli di interferenza si sfrangiano e si vengono in parte a trovare punti chiari in zone scure e viceversa. Ciò è riconducibile alla superficie irregolare e con dislivelli della pellicola adesiva, poiché già alterazioni minime dello spessore dello strato determinano uno spostamento degli anelli di interferenza.
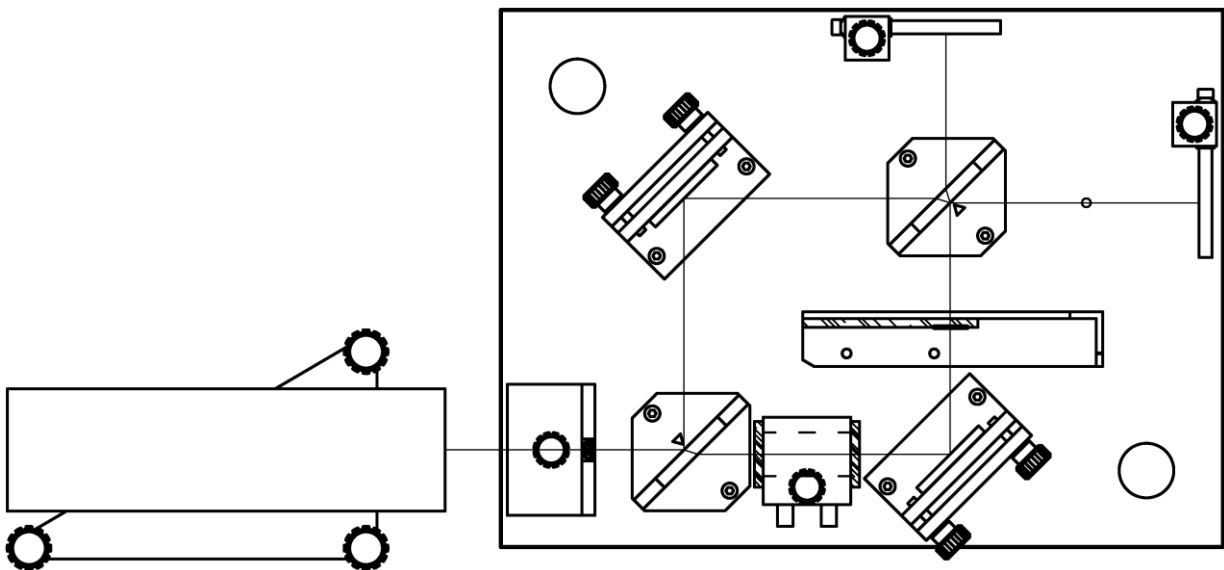
Fig. 8 Struttura sperimentale per la misurazione della qualità superficiale di componenti ottici (senza cella a vuoto) e struttura sperimentale per la misurazione dell’indice di rifrazione dell’aria (senza lastra di vetro su sup-porto)

6.3 Indice di rifrazione dell'aria

Struttura sperimentale

- Eseguire la disposizione sperimentale secondo Fig. 8.
- Dopo aver effettuato le regolazioni di base come illustrato nel paragrafo 5 e aver ottenuto anelli di interferenza al centro di entrambi gli schermi, inserire la cella a vuoto nel fascio parziale inferiore e serrare saldamente.
- All'occorrenza, regolare nuovamente di pochissimo lo specchio superficiale per ottenere anelli di interferenza al centro dello schermo posteriore.

Esecuzione

- Collegare alla cella a vuoto una pompa per vuoto manuale adatta e annotare la pressione p visualizzata.
- Creare lentamente il vuoto nella cella e contare il numero m di anelli che compaiono.
- Annotare la pressione e il relativo numero a intervalli regolari.
- Se viene raggiunta la pressione minima (con una semplice pompa a mano circa 10 kPa), riempire nuovamente con aria la cella a vuoto.
- Eseguire ora una serie di misurazioni in presenza di sovrappressione (fino a max. 200 kPa, corrispondenti a 1 bar di sovrappressione).

Analisi

Con una pressione p = 0 l'indice di rifrazione è $n(p = 0) = 1$. Con l'aumento della pressione, aumenta l'indice di rifrazione in base a

$$n(p) = 1 + \frac{\Delta n}{\Delta p} p$$

Per la determinazione dell'indice di rifrazione in presenza di pressione normale deve essere innanzitutto determinato l'incremento $\Delta n / \Delta p$.

Con la prima approssimazione si ha:

$$\frac{\Delta n}{\Delta p} = \frac{\lambda}{l_Z} \left| \frac{\Delta m}{\Delta p} \right|$$

dove m è il numero degli anelli che si formano e/o che scompaiono, λ è la lunghezza dell'onda luminosa e l_Z è la lunghezza interna della cella a vuoto (in questo caso 41 mm). Pertanto se ad esempio con una diminuzione della pressione di Δp = 80 kPa è stato determinato il relativo Δm = 14, allora si ottiene $\Delta n / \Delta p = 2{,}7 \cdot 10^{-9}$ 1/Pa. Ne consegue che l'indice di rifrazione dell'aria in presenza di pressione ambiente (100 kPa) è pari a n = 1,00027. Nella letteratura si trova n = 1,00029. (H. Stöcker, Taschenbuch der Physik, Deutsch, 1998)

6.4 Esperimento in analogia alla gomma quantistica

- Eseguire la disposizione sperimentale secondo Fig. 9.
- Dopo aver effettuato le regolazioni di base come illustrato nel paragrafo 5 e aver ottenuto anelli di interferenza al centro di entrambi gli schermi, regolare un filtro di polarizzazione in pellicola a 45° e collocarlo fra la lente di ingrandimento e il primo divisore di fascio.

Ciò è necessario poiché i piani di polarizzazione dei laser non sono solitamente impostati a 45° e la polarizzazione a 0° e 90° determinerebbe intensità luminose dei due fasci parziali molto diverse.

Gli anelli di interferenza sugli schermi sono ora leggermente più deboli, ma continuano a essere chiaramente visibili. Qualora dal filtro di polarizzazione compaiano riflessioni di ritorno di disturbo verso il laser, un rimedio può consistere nell'inclinare lievemente il filtro stesso.

- Successivamente, inserire i due filtri di polarizzazione in vetro nei due fasci parziali.

L'intensità luminosa ottimale per questo esperimento si ottiene regolando il filtro sinistro a 0° e il destro a 90° (cfr. Fig. 6: dietro il divisore di fascio, il fascio riflesso è girato leggermente in direzione 0°, quello passante leggermente in direzione 90°).

Gli anelli di interferenza sugli schermi sono ora scomparsi, le onde ortogonali non possono infatti sovrapporsi né estinguersi.

- Regolare ora il secondo filtro di polarizzazione in pellicola a 45° e collocarlo fra il divisore di fascio posteriore e lo schermo.

Sono nuovamente visibili anelli di interferenza. L'informazione sul percorso dei quanti di luce è cancellata.

In base alla teoria ondulatoria, ciò non deve stupirci. Nella meccanica quantistica, tuttavia, i fotoni sono considerati oggetti quantici indivisibili e solo la cancellazione dell'informazione sul percorso in linea di principio precedentemente presente (polarizzazione) provocata dall'ultimo divisore di fascio può far sì che i fotoni mostrino nuovamente effetti d'interferenza e interferiscano fra di loro persino in presenza di luce laser estremamente debole - quando nell'interferometro vi sono praticamente solo fotoni singoli - nonostante l'indivisibilità e pertanto l'impossibilità di attraversare entrambi i percorsi. Tali ipotesi avevano dato problemi anche a Erwin Schrödinger, che nel 1926 affermava: "Se tutto sta in questi dannati salti quantici, allora mi rammarico di essermi occupato della teoria quantica."
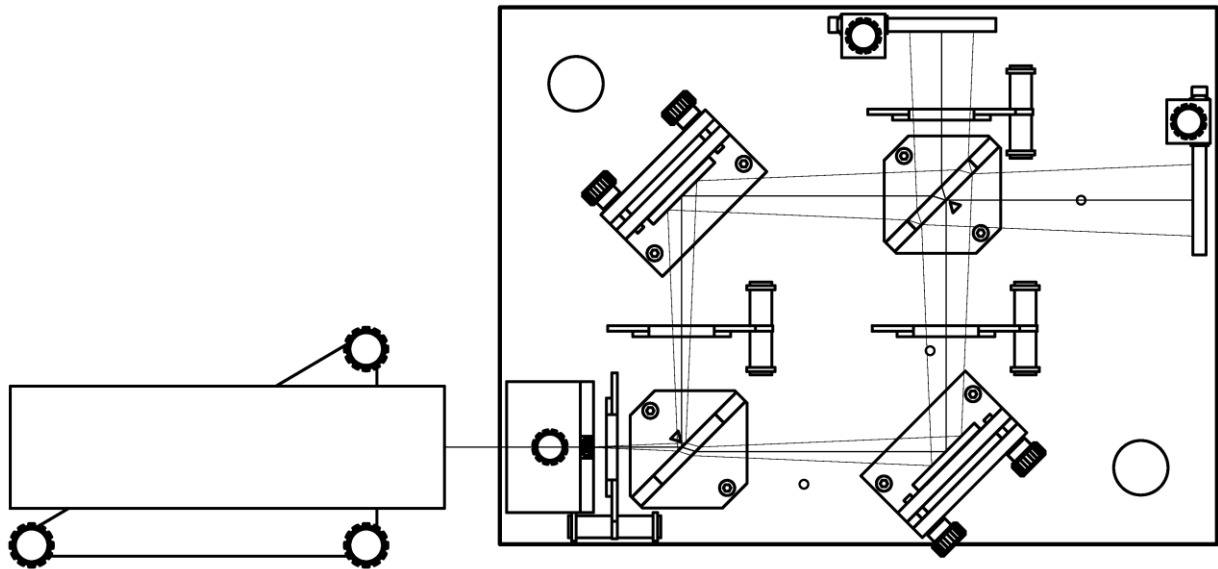
Fig. 9 Struttura sperimentale per l'esperimento in analogia alla gomma quantistica. Il percorso dei raggi vale per il caso di percorsi della luce identici in entrambi i fasci parziali e non corrisponde alla descrizione dell'esperimento con gli anelli di interferenza.
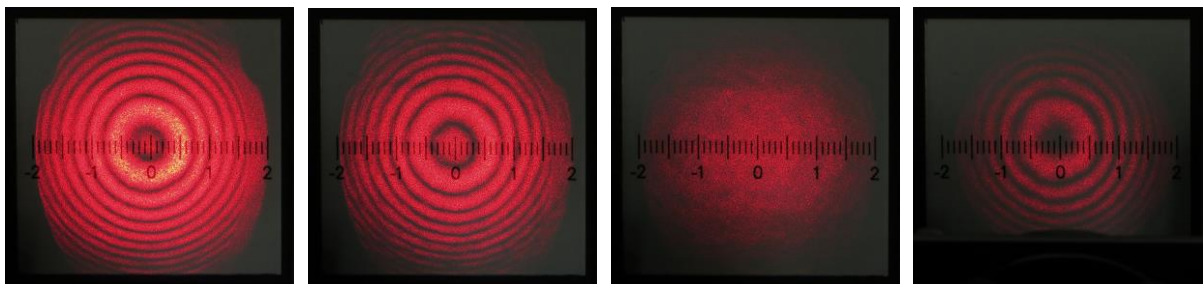
Fig. 10 Da sinistra verso destra: 1. senza filtri di polarizzazione, 2. un filtro di polarizzazione (45°) fra lente e divisore di fascio, 3. altri due filtri di polarizzazione (0° e 90°) in entrambi i fasci parziali, 4. quarto filtro di polarizzazione (45°) fra divisore di fascio e schermo

6.5 Interferenza di luce bianca

La luce bianca ha, per via dell'ampio spettro, una lunghezza di coerenza estremamente piccola. Pertanto, per l'osservazione di interferenze, i due percorsi della luce devono essere pressoché esattamente identici in lunghezza. In linea di principio, si tratta di un requisito realizzabile con un interferometro di Mach-Zehnder, tuttavia la regolazione richiede pazienza e precisione.

Struttura sperimentale: La struttura sperimentale è rappresentata nella Fig. 11. La lente di ingrandimento è inizialmente ancora montata fra laser e primo divisore di fascio.

- Effettuare le regolazioni di base con luce laser come descritto nel paragrafo 5.3, Punti da 1 a 6. Durante la procedura, assicurarsi che sui due specchi superficiali la fenditura tra supporto dello specchio e pannello posteriore sia impostata con estrema esattezza a 4 mm.
- Regolare accuratamente anche l'altezza del laser.

Una volta eseguite le regolazioni di base, il centro degli anelli di interferenza sarà visibile sugli schermi come un grosso punto chiaro o scuro.

- Ribaltare ora lo schermo posteriore e proiettare il modello su un altro schermo distante almeno 0,5 m (foglio di carta, parete bianca).

La maggiore distanza impedisce errori di interpretazione dovuti a intersezioni a basso angolo nel corso delle successive regolazioni, effettuate tutte sullo specchio superficiale **anteriore**:

- 1. Ruotare la lente al di fuori del percorso dei raggi luminosi.
- 2. Ruotare avanti e indietro la vite a testa zigrinata superiore dello specchio. Quando il

punto luminoso vagante si trova a destra dell'altro, svitare la vite ad esagono incassato finché il punto ora vagante verso sinistra si trova sulla sinistra rispetto all'altro circa alla medesima distanza in cui si era precedentemente trovato a destra (ignorare lo spostamento in altezza).

- 3. Far nuovamente coincidere entrambi i punti agendo sulle due viti a testa zigrinata, riportare la lente in posizione e ricentrare gli anelli di interferenza.
- 4. Eseguire le fasi da 1 a 3 fino a quando non si ottiene più alcun miglioramento.
- Sostituire ora il laser collocando la lampada ottica con diaframma di apertura ad una distanza di circa 25 cm davanti alla piastra di base, allineando il bordo anteriore della piastra di base e del portalampada.
- Ruotare il diaframma di apertura fino a quando il foro con diametro 0,7 mm non si viene a trovare davanti al LED.
- Ruotare la lente al di fuori del percorso dei raggi luminosi, ribaltare nuovamente verso l'alto lo schermo posteriore e posizionare i filtri di polarizzazione come da Fig. 11, sistemandoli in modo che le ombre si formino sullo schermo posteriore a 1 cm.

I bordi dell'ombra rendono la seguente microregolazione più facile:

- A. Presso lo specchio anteriore girare lentamente avanti e indietro la vite inferiore, spostando il rispettivo bordo dell'ombra di circa 1-2 mm verso sinistra e verso destra.
- B. Se non compaiono frange di interferenza, ruotare in senso orario la vite inferiore dello specchio posteriore di circa 1/50 di giro (corrisponde a 1 mm sulla circonferenza della testa zigrinata o alla larghezza della cavità zigrinata) e ripetere la fase A. Se, dopo alcuni tentativi eseguiti in senso orario, non si ha esito positivo, tentare ruotando in senso antiorario.
- C. Se necessario, controllare le regolazioni con luce laser. Prestare particolare attenzione alla regolazione verticale, poiché le viti a testa zigrinata superiori presso gli specchi potrebbero nel frattempo essersi eventualmente spostate leggermente.
- D. Se sugli schermi compare un - anche sottile - modello di interferenza di luce bianca, montare la lente di ingrandimento come da Fig. 11.

Consiglio: tenendo davanti alla lampada ottica un filtro colorato con banda passante stretta, già a regolazione leggermente imprecisa è possibile vedere un modello di interferenza.
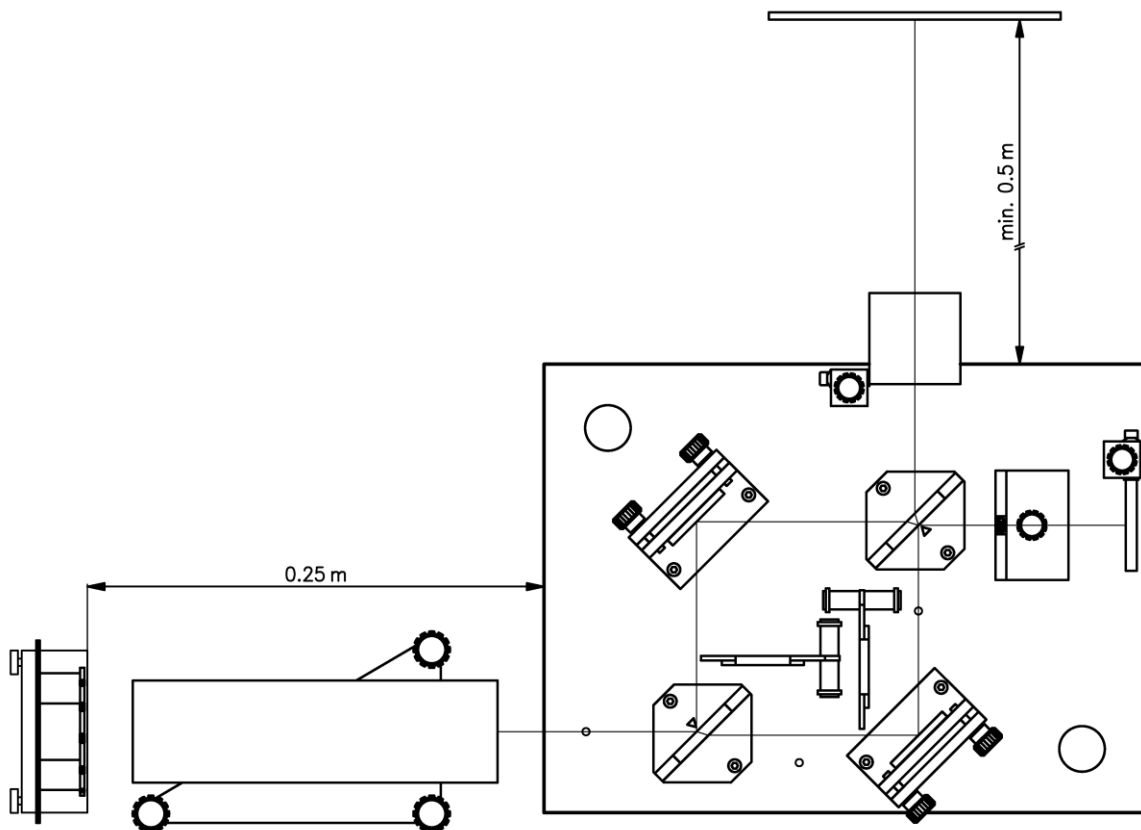
Fig. 11 Struttura sperimentale per l'interferenza di luce bianca
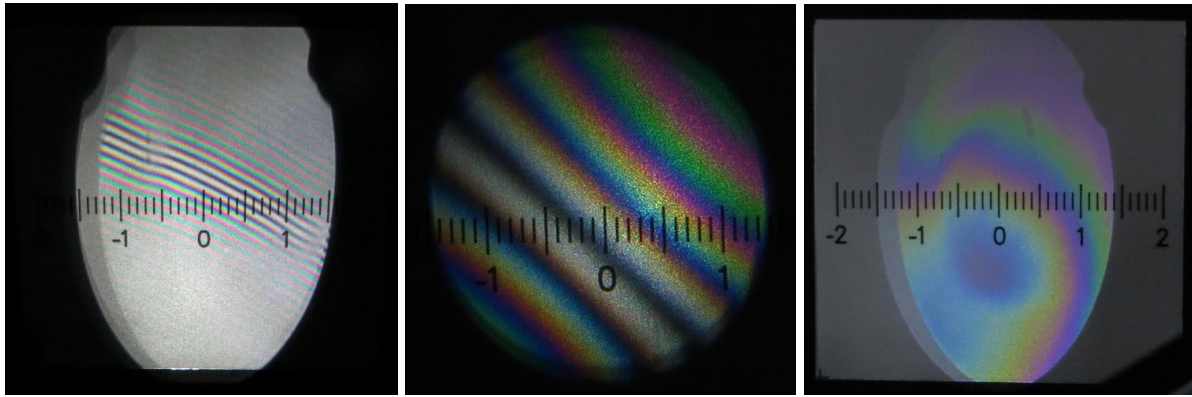
Fig. 12 Modello di interferenza di luce bianca. L'immagine di sinistra mostra frange con una regolazione non ancora ottimale sullo schermo posteriore. Al centro è raffigurata una sezione ingrandita con lente di ingrandimento. La foto a destra raffigura nuovamente lo schermo posteriore, ma con una regolazione migliore.